

# 断面修復した既存躯体面へのディスク型シャキーの適用性の検討

## Study of Applicability of Disk Type Shear Key to Part of Concrete Repaired Polymer Cement Mortar

坂本 啓太<sup>\*1</sup>  
Keita Sakamoto

阿部 隆英<sup>\*1</sup>  
Takahide Abe

佐藤 貴志<sup>\*2</sup>  
Takashi Satoh

尾中 敦義<sup>\*3</sup>  
Atsuyoshi Onaka

八木 沢康衛<sup>\*2</sup>  
Yasue Yagisawa

安藤 重裕<sup>\*4</sup>  
Shigehiro Ando

兼吉 孝征<sup>\*4</sup>  
Takayuki Kaneyoshi

田村 努<sup>\*4</sup>  
Tsutomu Tamura

高瀬 裕也<sup>\*5</sup>  
Yuya Takase

### 【要旨】

本研究では、耐震改修工事の間接接合部材として用いられる鋼製ディスクとアンカーボルトを併用したディスク型シャキーを、ポリマーセメントモルタル(PCM)を用いて断面修復されたコンクリート部材に適用した場合のせん断耐力を確認することを目的として2通りのせん断実験を行った。コンクリート側には、ポリマーセメントモルタル(PCM)施工前に予め所定の表面処理を施すことで、せん断方向の付着耐力を向上させている。ポリマーセメントモルタル(PCM)の付着せん断特性を確認する為の付着せん断実験では、そのせん断方向の付着耐力とコンクリート圧縮強度の関係が明らかとなり、ディスク型シャキーを1個配置した単体接合部実験では、断面修復を伴うディスク型シャキーが十分な耐震性を有していることを確認し、十分に適用可能であることを検証した。

【キーワード】 耐震改修 間接接合部 ディスク型シャキー 断面修復 ポリマーセメントモルタル(PCM)

### 1. はじめに

著者らは、耐震改修の普及に寄与するため、短い埋込深さで高いせん断耐力とせん断剛性を発揮する、鋼製ディスクとアンカーボルトを組み合わせた接合部材(以下、ディスクシアキーと称す)を開発し、既往の論文で報告<sup>(1)</sup>してきた。これらのディスクシアキーに関する研究は、平滑な既存躯体に直接ディスクシアキーを定着させて行っている。しかしながら、実際の耐震改修における既存躯体の表面は、建設当時の施工不良や、改修工事時の仕上げモルタルの研りなどにより、既存躯体に大きな凹凸が生じている場合もある。このような場合、図-1に示すように、ポリマーセメントモルタル(以下、PCMと略称する)を用いて断面修復したコンクリート部材表面に、ディスクシアキーが施工されることになる。図-

1に断面修復面へのディスクシアキーの配置例を示す。

前述の通り断面修復されたコンクリート部材の表面(以下、単に断面修復面と称す)にディスクシアキーを適用するためには、PCMと既存躯体が一体となり、せん断力を既存躯体へ伝達できることが必要である。しかし、PCMとコンクリートの付着力によるせん断耐力に関する研究は著者らが知る限り報告されていない。更に、そのせん断耐力は、既存躯体表面の凹凸等の状態に左右されると考えられるため、PCMと既存躯体の界面(以下、PCM接合面と称す)におけるせん断抵抗要素は、付着抵抗や支圧抵抗が挙げられる。これらの抵抗要素によるせん断耐力を総じて付着せん断耐力と呼称する。本研究においては、その付着せん断耐力を向上させるため、既存躯体の表面に意図的に凹凸を設けている。

そこで、まず純粋なPCM接合面における付着せん断耐力を把握するため、ディスクシアキーを配置せず、PCM接合面のみに着目したせん断実験(以下、付着せん断実験と称す)を行い、続いて断面修復面にディスクシアキーを1個配置したせん断実験(以下、単体接合部実験と称す)を行う。これらの結果から、ディスクシアキーが負担するせん断力が、PCM接合面による付着せん断

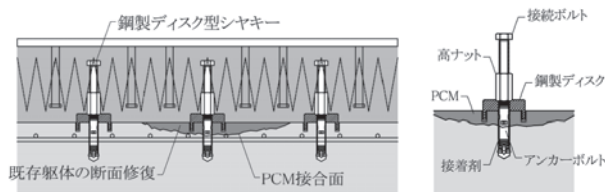


図-1 断面修復面へのディスクシアキー配置例

1. 建築事業本部 耐震ソリューション部 耐震技術G 2. サンコーテクノ株式会社 3. 株式会社大本組  
4. 住友大阪セメント株式会社 5. 室蘭工業大学

耐力を評価し、断面修復されたコンクリート部材へのディスクシアキーの適用性について検証を行う。

## 2. 断面修復施工方法

### 2.1 目荒らし施工方法

本研究では、既存コンクリートと断面修復に用いるPCMの付着せん断耐力を向上させるため、PCM接合面に設ける2通りの表面凹凸形状を提案する。

図-2にその表面凹凸形状の概要図を示し、図-3に目荒らし作業フローを示す。1つは同図(a)に示すような、電動ピックを用いた目荒らし(以下、単に目荒らしと称す)を、PCM接合面全域にわたって偏りなく施した表面凹凸形状(以下、分散型目荒らしと称す)である。もう一方は同図(b)に示すような、せん断伝達方向に90mmピッチで縞模様を成すように目荒らしを集中させた表面凹凸形状(以下、区画型目荒らしと称す)である。

このとき、分散型目荒らしによる目荒らしの水平投影

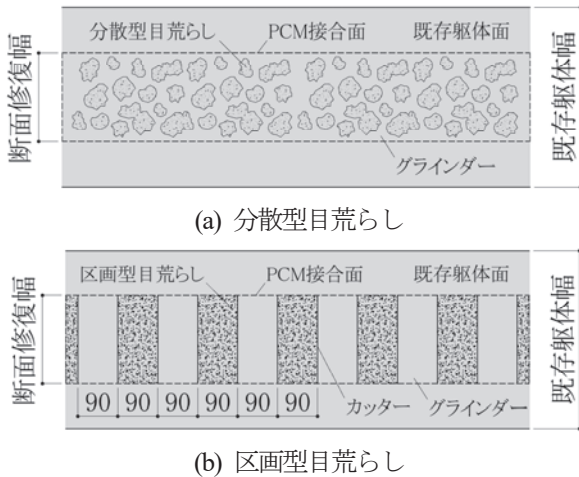
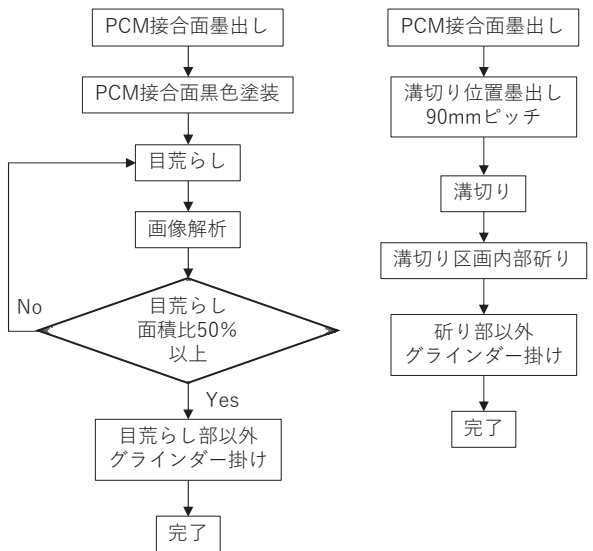


図-2 表面凹凸形状の概要図



(a) 分散型目荒らし (b) 区画型目荒らし

図-3 目荒らし作業フロー

面積は、画像解析を用いて<sup>3)</sup>PCM接合面の面積に対する目荒らし面積の比(以下、目荒らし面積比と称す)が50%程度となるように施工する。

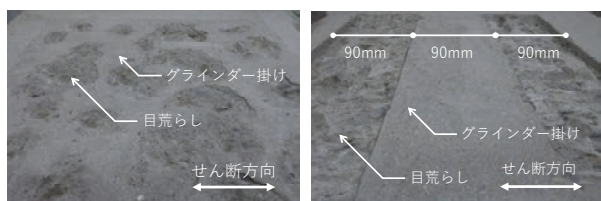
区画型目荒らしは、目荒らしの前に予め90mmピッチの墨出しを行い、その隅に沿ってコンクリートカッターを用いて溝切りを行う。これにより、PCMを介して伝達されるせん断力に対して、せん断抵抗する垂直面が精度良く形成することが可能である。また、このときコンクリートカッターの刃の出の長さを10mmとすることで、後の深さの管理が容易となる。その後、区画した範囲を交互に平のみ等で目荒らしすることで、目荒らし面積比50%の表面凹凸形状が完成する。

写真-1に、目荒らし作業後の出来上がりの様子を示す。分散型目荒らし及び区画型目荒らし共に、目荒らし以外のコンクリート面は、付着性能を向上させるため、グラインダー掛けにより表層のペーストを除去する。

### 2.2 画像解析による目荒らし管理方法

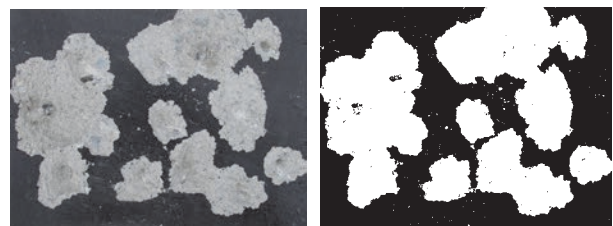
前述したように、分散型目荒らしは目荒らし面積比50%以上を満足するよう管理する必要がある。そこで、デジタルカメラによる画像データを用いて、画像解析を行う目荒らし面積の管理方法<sup>3)</sup>を以下に述べる。

まず、目荒らしを画像判別するため、目荒らしを施す前にPCM接合面をスプレー等で黒く塗装を行う。その後、分散型目荒らしを施し、デジタルカメラで撮影する。撮影したその画像データ図-4(a)を使用し、図-4(b)のように黒色と白色に二値化することで、目荒らしを判別し面積を確認することができる。ここで得られた面積比が50%以上となるまで、上記の手順を繰り返す。



(a) 分散型目荒らし (b) 区画型目荒らし

写真-1 目荒らし形状写真



(a) 画像処理前 (b) 画像処理後

図-4 画像解析データ

### 2.3 PCM 施工方法

はじめに、前節で施工した PCM 接合面の塵や埃を除去し、その後、吸水調整剤を規定の分量だけ、刷毛を用いて塗布する。吸水調整剤が乾いたのを確認し、PCM の施工を行う。PCM はハンドミキサーを用いて、材料が均一になるよう十分に混練を行い、所定の可使時間以内に塗布作業を行う。1 層目の塗布は、既存躯体との付着性に大きな影響を及ぼすため、目荒らしの凹凸部を、確実に隙間なく埋めるように行う。また、PCM 打設後は、急激な乾燥を防ぐために吸水調整剤を塗布する。写真-2 に PCM 塗布の様子を、写真-3 に PCM 断面修復面にディスクシヤキーを定着した様子を示す。

## 3. 実験概要

### 3.1 付着せん断実験概要

#### (1) 試験体諸元

図-5 に付着せん断実験試験体の諸元寸法及び目荒らし形状を示し、表-1 に付着せん断実験の試験体パラメータ及び材料試験結果を示す。付着せん断実験の試験体は既存コンクリート部と PCM 部のみで構成される。実

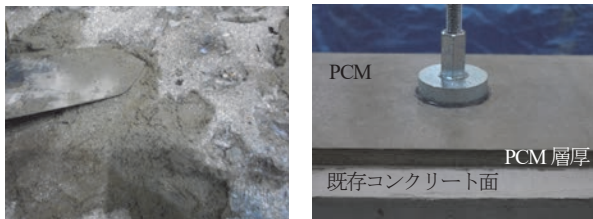
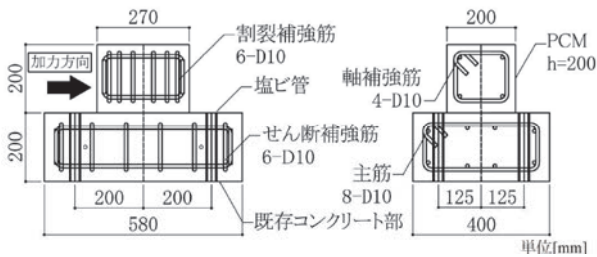
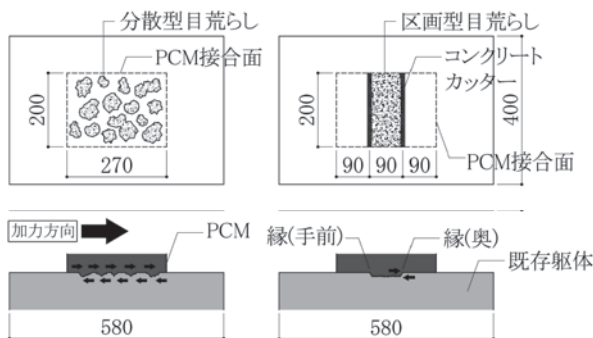


写真-2 PCM 塗布の様子 写真-3 ディスクシヤキー一定着の様子



(a) 試験体諸元寸法(付着せん断実験)



(b) 分散型目荒らし形状 (c) 区画型目荒らし形状

図-5 試験体諸元寸法(付着せん断実験)

験パラメータは既存コンクリート部の圧縮強度 $\sigma_B$ 及びPCM接合面の表面凹凸形状とし、 $\sigma_B$ は耐震改修の建物を想定し、 $8.3 \leq \sigma_B \leq 22.5 \text{ N/mm}^2$ の範囲で6水準とした。図-5に示すように既存コンクリート部の形状は長さ580mm、幅200mm、高さ200mm、PCMの形状は長さ270mm、幅高さ200mmとし、着目するPCM接合面以外にひび割れが極力延伸しないようにPCM部には、割れ補強筋を配筋した。PCM接合面の表面凹凸形状は、2.1節で示した2通りの目荒らし形状とし、施工者による目荒らし形状の違いを排除するため、施工は全試験体同一の施工者が実施した。分散型目荒らしの最大深さは概ね15mm程度であった。

#### (2) 载荷方法及び変位計測方法

図-6 に载荷装置及び変位計測位置を示す。試験体は、既存コンクリート側を固定治具にボルトを用いて固定した。水平加力は油圧ジャッキを用い、一方向単調载荷とした。このとき、载荷点は加力治具を取付け、既存躯体表面に近い位置とし、更にピン支承をPCMと加力治具の間に設置することで、極力曲げモーメントがPCMに生じないように配慮した。また、水平方向の油圧ジャッキの高さは、試験体の接合面の高さと同じとした。本報では柱、梁構面内に補強する内付け補強を想定し、鉛直

表-1 試験体パラメータ及び材料試験結果

表面形状	試験体名	既存コンクリート			PCM		
		$\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$E_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_T$ N/mm <sup>2</sup>	$\rho \sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	$\rho E_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\rho \sigma_T$ N/mm <sup>2</sup>
分散型 目荒らし 50%	P-D-8	8.3	13.0	0.9	66.0	25.9	4.0
	P-D-11_1	11.4	15.2	1.1	59.9	22.4	4.3
	P-D-11_2						
	P-D-14	13.9	17.2	1.5	66.0	25.9	4.0
	P-D-15	15.8	21.9	1.7	59.9	22.4	4.3
	P-D-18	18.2	19.2	1.8	66.0	25.9	4.0
	P-D-22_1	22.5	19.6	1.9	66.0	25.9	4.0
P-D-22_2							
区画型 目荒らし @90mm	P-R-8	8.3	13.0	0.9	66.0	25.9	4.0
	P-R-14	13.9	17.2	1.5			
	P-R-18	18.2	19.2	1.8			
	P-R-22	22.5	19.6	1.9			

$\sigma_B, \rho \sigma_B$ : 圧縮強度,  $E_c, \rho E_c$ : ヤング係数,  $\sigma_T, \rho \sigma_T$ : 割裂強度

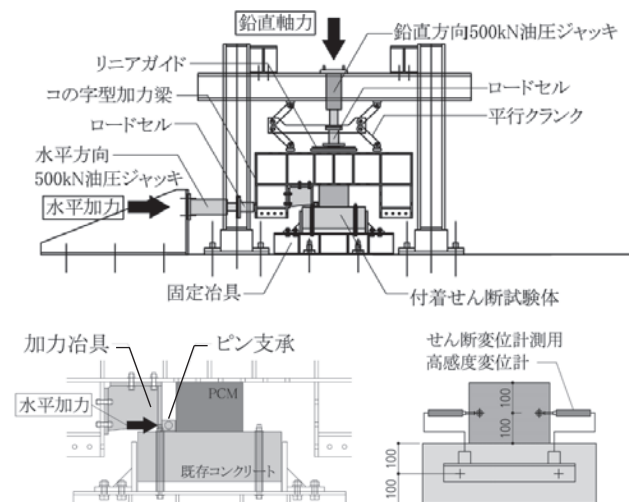


図-6 载荷装置及び変位計測位置

軸力を PCM 接合面で除した圧縮応力度 $\sigma_0$ は、ディスクシアキーを適用した間接接合部の $\sigma_0$ が概ね $0.40\text{N/mm}^2$ であること<sup>1)</sup>、更に目荒らしを設けた間接接合部の $\sigma_0$ は $0.48\text{N/mm}^2$ で評価している<sup>3)</sup>ことより、全試験体において $0.5\text{N/mm}^2$ とした。

せん断変位 $\delta$ は、図-6に示すように、2箇所配置したせん断変位計測用高感度変位計の計測値の平均とした。

### 3.2 単体接合部実験概要

#### (1) 試験体諸元

図-7 にディスクシアキーの諸元を、図-8 に単体接合部実験試験体の諸元寸法を示す。試験体は既存躯体を模した既存コンクリート部、及びグラウトを圧入した増設補強部から構成される。既存コンクリート部は、長さ580mm、幅400mm、高さ200mmの直方形状であり、増設補強部は、長さ540mm、幅200mm、高さ200mmの直方形状のグラウトにスタッド鋼板及び割裂補強筋を配置した。PCMの断面修復厚さは全て20mmとした。本実験に使用したディスクシアキーは、ディスク径 $R_d=90\text{mm}$ 、拡張部を有するアンカーボルト径 $D_a=20\text{mm}$ 、アンカーボルトの有効埋込み深さ $L_e=4.5D_a$ とし、有機系接着剤を用

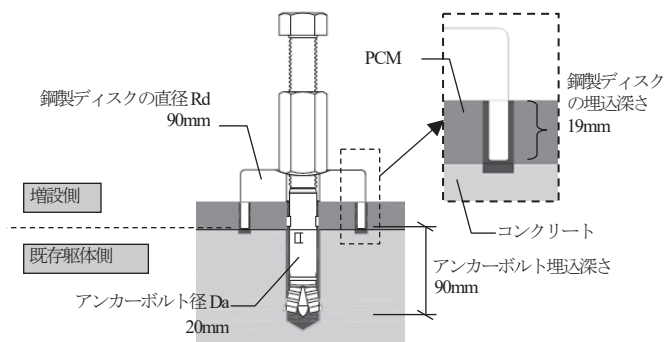


図-7 ディスクシアキーの諸元

表-2 試験体パラメータ

試験体名	$\sigma_B$ ( $\text{N/mm}^2$ )	$\sigma_0$ ( $\text{N/mm}^2$ )	PCM接合面 目荒らし形状	$W_r$ (mm)
D90P20-D_8	8.3	0.25	分散型目荒らし 目荒らし面積比 50%	200
D90P20-D_14	13.9	0.375		
D90P20-D_18	18.2	0.5		
D90P20-D_22	22.5	0.5		300
D90P30-D_18	17.8	0.5		
D90P30-D_22	22.5	0.5		
D90P30-D_30	30.3	0.625	400	
D90P40-D_30	30.3	0.625		
D90P20-R_8	8.3	0.25		区画型目荒らし 目荒らし面積比 50%
D90P20-R_14	13.9	0.375		
D90P20-R_18	18.2	0.5		
D90P20-R_22	22.5	0.5		
D90_8	8.3	0.25	断面修復無し (金鍍仕上げ+グリス塗布)	200
D90_14	13.9	0.375		
D90_18	18.2	0.5		
D90_22	22.5	0.5		
D90_30	30.3	0.625		

いて定着させた。ここで、PCMの厚さが20mmに対し、ディスクの埋込み深さが19mmであるため、ディスクが負担するせん断力は、PCMを介して既存コンクリート部に伝達されることになる。

表-2 に試験体パラメータ一覧を示し、表-3 に材料試験結果を示す。試験体は合計17体であり、既存コンクリートの圧縮強度 $\sigma_B$ は、 $8.3 \leq \sigma_B \leq 30.3\text{N/mm}^2$ の範囲で6水準とし、コンクリート種別は全て普通コンクリートとした。既存コンクリート表面は、2.1節で示した2通りの目荒らし方法による表面凹凸形状とし、断面修復幅 $W_r$ は200mm、300mm、400mmとした。その時の有効断面修復面積 $\rho A_e$ は $5.4 \times 10^4\text{mm}^2$ 、 $8.1 \times 10^4\text{mm}^2$ 、 $10.8 \times 10^4\text{mm}^2$ となる3通りを試験体パラメータとして設定した。ここで、既往の研究<sup>4)</sup>より $\rho A_e$ は式(1)で示される。

$$\rho A_e = A_p \times 0.5 = W_r \times (L \times 0.5) \quad (1)$$

#### (3) 载荷方法及び変位計測方法

図-9 に载荷装置及び変位計測位置を示す。試験体をコの字型の加力梁に固定し、両側水平ジャッキにより、

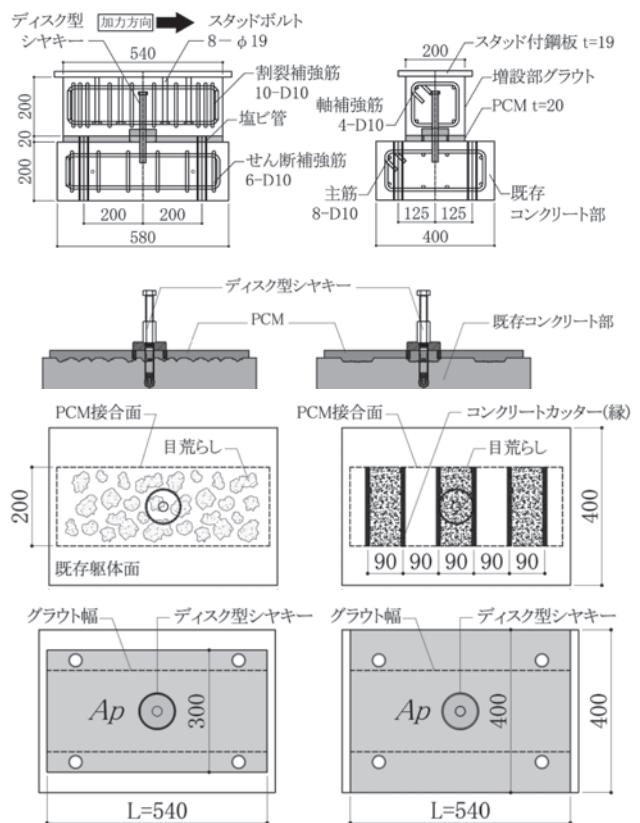


図-8 試験体諸元寸法

表-3 材料試験結果

既存コンクリート			PCM			グラウト		
圧縮強度 $\sigma_B$ $\text{N/mm}^2$	ヤング係数 $\text{kN/mm}^2$	割裂強度 $\text{N/mm}^2$	圧縮強度 $\text{N/mm}^2$	ヤング係数 $\text{kN/mm}^2$	割裂強度 $\text{N/mm}^2$	圧縮強度 $\text{N/mm}^2$	ヤング係数 $\text{kN/mm}^2$	割裂強度 $\text{N/mm}^2$
8.3	13.0	0.9	66.0	25.9	4.0	70.4	25.2	4.3
13.9	17.2	1.5						
18.2	19.2	1.8						
22.5	19.6	1.9						
17.8	20.1	1.4	67.0	26.7	4.4	73.4	25.5	4.7
30.3	29.7	2.7						

水平変位を制御とした正負交番繰り返し载荷とした。このとき、極力偏心曲げモーメントが生じないように水平ジャッキの高さは、試験体の接合面(PCM とグラウトの界面)とした。正負交番繰り返し载荷時の加力サイクルは、接合面のせん断変位 $\pm 0.25\text{mm}$ を1サイクル、 $\pm 0.5, \pm 1.0, \pm 2.0, \pm 3.0, \pm 4.0\text{mm}$ を各2サイクルずつ、 $\pm 6.0\text{mm}$ を1サイクルとした。また、鉛直軸力については、より実際の応力状態に近い条件下とするため、 $\sigma_0$ が式(2)に示す制御指標と概ね一致するように、表-2の値とした。この制御指標は、過去に行われた架構実験<sup>1)</sup>における間接接合部のせん断方向と垂直方向の挙動に基づくものである。

$$\omega = 0.5 \times \delta \quad (2)$$

$\omega$ : 目開き変位,  $\delta$ : せん断変位

## 4. 実験結果

### 4.1 付着せん断実験結果

#### (1) せん断荷重 $Q$ - せん断変位 $\delta$ 関係

図-10に、付着せん断実験における  $Q - \delta$  関係を示す。また、同図に次式で算定される平均付着せん断応力度  $\rho\tau_{max}$  を併記する。

$$\rho\tau_{max} = \rho Q_{max} / pA = \rho Q_{max} / (200 \times 270) \quad (3)$$

ここに、 $pA$  は、PCM 接合面の面積( $54000\text{mm}^2$ )である。最大付着せん断力  $\rho Q_{max}$  到達後はいずれの試験体も急激に  $Q$  が低下すると共に、 $\delta$  が増大する傾向が見られた。さらに、 $\rho Q_{max}$  は、 $\delta = 0.3 \sim 0.8\text{mm}$  付近で最大耐力に達していることもわかった。

#### (2) 付着せん断応力度 $\rho\tau_{max}$

図-11に  $\rho\tau_{max} - \sigma_B$  関係を示す。目荒らし及び区画型目荒らし共に、 $\sigma_B$  が大きくなるにつれ、 $\rho\tau_{max}$  も増大しているが、 $\sigma_B \geq 18.2\text{N/mm}^2$  の範囲では、この傾向が鈍化している。そのため、同図に示す回帰式は対数による関数を用いた。また、区画型目荒らしの試験体では、分散型目荒らし試験体に比べ、 $\rho\tau_{max}$  が  $0.02 \sim 0.39\text{N/mm}^2$  の範囲で下回る結果となった。その要因として、目荒らし面積比(分散型: 50%, 区画型: 33%)やせん断伝達のメカニズムが異なることが考えられる。

#### (3) 破壊モード

写真-4に、载荷後にPCM部を取り除いた後のPCM接合面の破壊状況を示す。PCM部へのひび割れは生じず、変形モードは接合部界面のズレが支配的であった。分散型目荒らしの試験体は、局所的なPCMのせん断破壊(以下、シアオフ破壊<sup>2)</sup>と称す)と既存コンクリート部の支圧破壊が混在している。それに対し、区画型目荒らし試験体は、主として加力方向奥側の縁全体に支圧破壊が見られるが、目荒らしによる凹凸においても支圧破壊が生じていることから、両者がせん断力に寄与していると推察される。以上より、区画型目荒らしは、分散型目荒らし

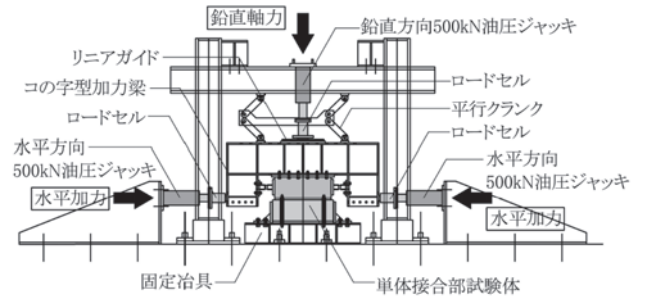


図-9 载荷装置

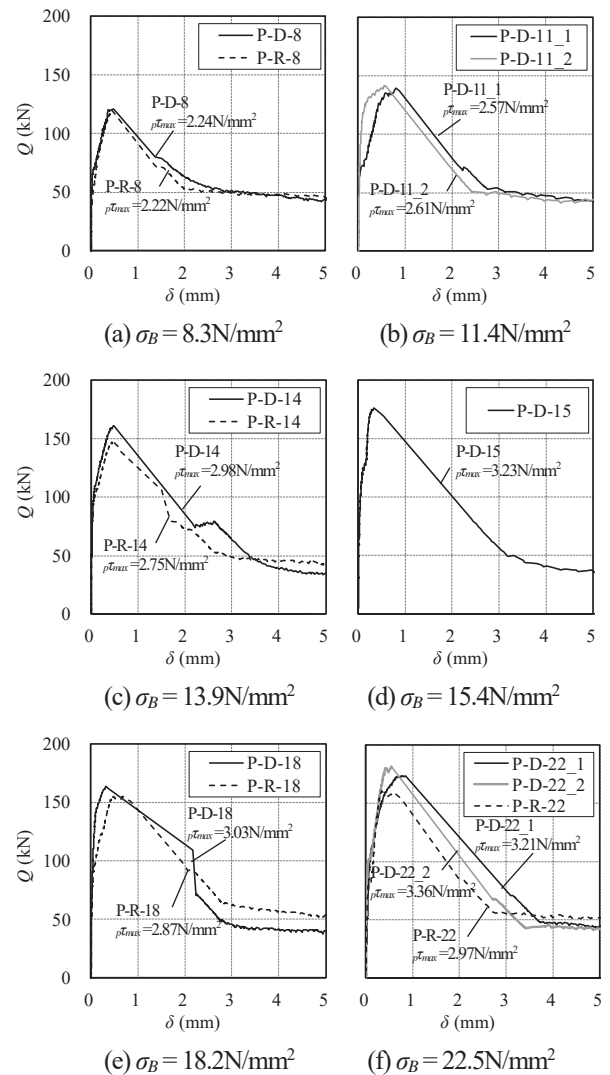


図-10  $Q - \delta$  関係 (付着せん断実験)

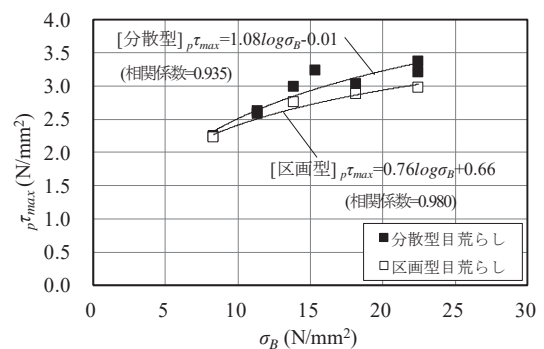


図-11  $\rho\tau_{max} - \sigma_B$  関係

しと比較して目荒らし面積比が小さいが、区画型の方が鋭角な縁（切込み角）を有しており、これによって効率的な支圧抵抗が働いたため、 $p\tau_{max}$ の差は小さい結果となったと考えられる。

#### 4.2 単体接合部実験結果

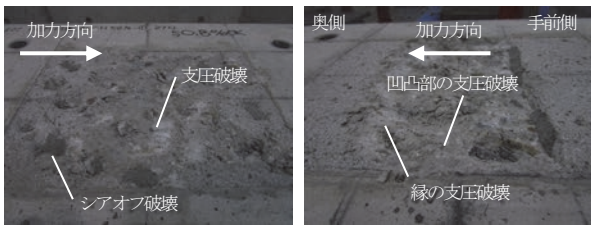
##### (1) せん断荷重 $Q$ —せん断変位 $\delta$ 関係

図-12に、単体接合部実験の水平荷重 $Q$ —せん断変位 $\delta$ 関係を示し、表-4に、各試験体の $dpQ_{max}$ 及び平均せん断応力度 $dp\tau_{max}$ の一覧を示す。ここで、 $\delta$ は既存躯体側と増設側のせん断ずれの値とし、 $dp\tau_{max}$ 算出時の面積は、有効断面修復面積 $pA_e$ を用いて、次式のように示される。(図-13参照)

$$dp\tau_{max} = dpQ_{max} / pA_e \quad (3)$$

最大水平荷重 $dpQ_{max}$ は $\delta=1\sim 2\text{mm}$ 程度で到達していることから、 $\delta=4\text{mm}$ までを図示する。

図-12より、 $\sigma_B$ が大きくなるほど $dpQ_{max}$ が増大することがわかる。更に、目荒らし面積比(50%)が同一であるにもかかわらず、同一の $\sigma_B$ における試験体の $dpQ_{max}$ をそれ



(a) 分散型目荒らし (b) 区画型目荒らし

写真-4 破壊面の状況(付着せん断実験)

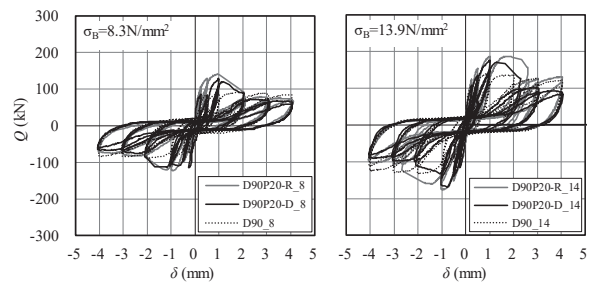
表-4  $Q_{max}$  及び  $dp\tau_{max}$  一覧

試験体名	$dpQ_{max}$ (kN)	$A_{pe}$ ( $\text{mm}^2$ )	$dp\tau_{max}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
D90P20-D_8	125.9	54000	2.33
D90P20-D_14	175.7	54000	3.25
D90P20-D_18	209.8	54000	3.89
D90P20-D_22	220.3	54000	4.08
D90P30-D_18	239.7	81000	2.96
D90P30-D_22	251.2	81000	3.10
D90P30-D_30	282.4	81000	3.49
D90P40-D_30	278.6	108000	2.58
D90P20-R_8	140.8	54000	2.61
D90P20-R_14	187.2	54000	3.47
D90P20-R_18	213.3	54000	3.95
D90P20-R_22	228.0	54000	4.22
D90_8	91.3	—	—
D90_14	140.9	—	—
D90_18	187.4	—	—
D90_22	193.9	—	—
D90_30	257.2	—	—

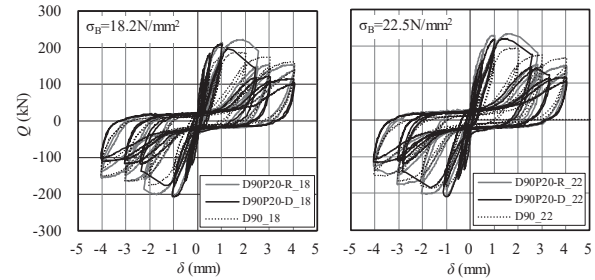
ぞれ比較すると、分散型目荒らし試験体より区画型目荒らし試験体の方が、 $dpQ_{max}$ は大きく、 $dpQ_{max}$ 到達後の荷重低下も緩やかである。また、 $\sigma_B=8.3, 13.9, 18.2, 22.5\text{N}/\text{mm}^2$ の試験体においては、断面修復を施した試験体の $dpQ_{max}$ が、断面修復を伴わない試験体の $dpQ_{max}$ より大きくなっている。

##### (2) 付着せん断応力度 $dp\tau_{max}$

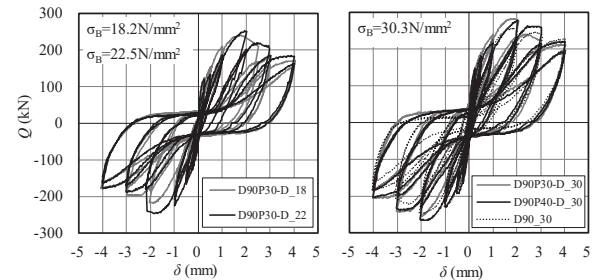
表-4より、同一の $\sigma_B$ の分散型目荒らし試験体において、断面修復幅 $W_f=200$ と $W_f=300$ の $dp\tau_{max}$ を比較すると、D90P20-D\_18よりD90P30-D\_18の方が、D90P20-D\_22よりD90P30-D\_22の方が、共に24%小さかった。また、断面修復幅 $W_f=300$ と $W_f=400$ の $dp\tau_{max}$ を比較すると、



(a)  $\sigma_B = 8.3\text{N}/\text{mm}^2$  (b)  $\sigma_B = 13.9\text{N}/\text{mm}^2$



(c)  $\sigma_B = 18.2\text{N}/\text{mm}^2$  (d)  $\sigma_B = 22.5\text{N}/\text{mm}^2$



(e)  $\sigma_B = 18.2, 22.5\text{N}/\text{mm}^2$  (f)  $\sigma_B = 30.3\text{N}/\text{mm}^2$

図-12  $Q-\delta$ 関係 (単体接合部実験)

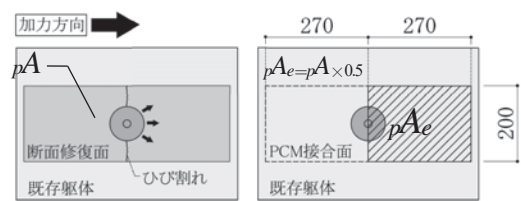


図-13  $pA_e$ の範囲

D90P30-D\_30 より D90P40-D\_30 の方が、26%小さい値であった。これより、断面修復幅は大きくなればなるほど、 $dp\tau_{max}$  は小さくなるといえる。

図-14 に、 $dp\tau_{max}-\sigma_B$  関係を示す。また、分散型目荒らし及び区画型目荒らし試験体それぞれについて、回帰式を併せて示す。付着せん断実験と同様に $\sigma_B$ の増大に伴う $dp\tau_{max}$ の増大は鈍化傾向にある。また、 $\sigma_B$ が低い方が、分散型目荒らしと区画型目荒らしの差が大きいことが分かる。

### (3) せん断変位 $\delta$ -目開き変位 $\omega$ 関係

図-15 に、せん断変位 $\delta$ -目開き量 $\omega$ 関係を示す。 $\omega$ の挙動は制御指標<sup>1)</sup>に概ね一致しているが、 $\sigma_B=8.3\text{N/mm}^2$ 、 $13.9\text{N/mm}^2$ の試験体については、断面修復を伴う試験体の方が断面修復を伴わない試験体より $\omega$ が大きい傾向を呈した。このことより、断面修復を伴う試験体における平均圧縮力度の設定は安全側と言える。

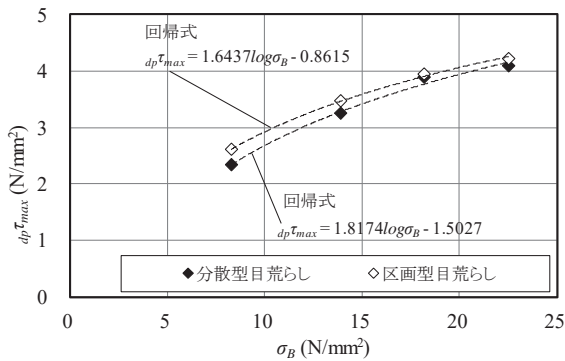


図-14  $dp\tau_{max}-\sigma_B$ 関係

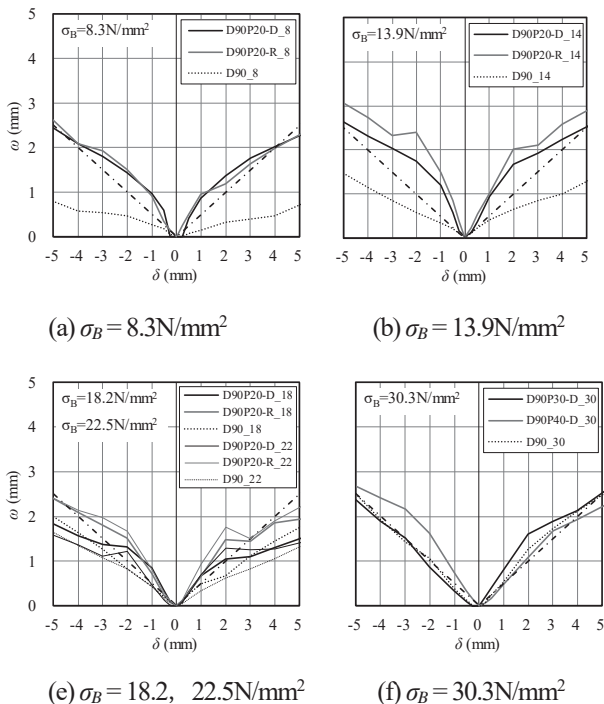


図-15  $\delta-\omega$ 関係

### (4) 破壊モード

写真-5 に、単体接合部試験体の載荷後のPCM接合面の破壊状況を示す。同写真を観察すると、PCM接合面の破壊モードは、付着せん断実験の結果と概ね同じ傾向を示した。しかし、付着せん断実験とは異なり、ディスクシアキーのアンカーボルトは既存コンクリート部に埋め込まれている。そのため、アンカーボルト周辺のコンクリートにも支圧破壊が生じている。また、単体接合部実験では $dpQ_{max}$ に至る前にディスクシアキーのPCMに対するへりあき部でひび割れが生じた。

## 5. せん断耐力評価

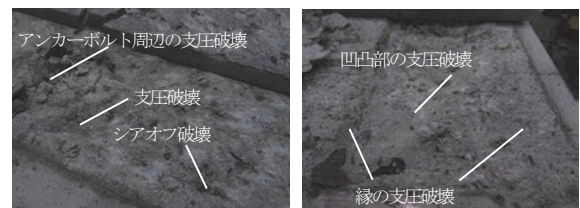
### 5.1 $p\tau_{max}$ と $dp\tau_{max}$ の比較

図-16 に、 $p\tau_{max}$ 、 $dp\tau_{max}-\sigma_B$  関係を示す。また、それぞれの回帰曲線を併せて示す。分散型目荒らし及び区画型目荒らし共に、 $\sigma_B$ に関わらず $dp\tau_{max}$ が $p\tau_{max}$ を上回った。これより、ディスクシアキーのディスク部を介してせん断力を伝達させた場合においても、PCM接合面における付着せん断耐力は、十分に大きく、既存コンクリート部へせん断力を伝達しているといえる。

### 5.2 現行耐力計算式との比較

続いて、平滑な既存コンクリート面へディスクシアキーを配置した場合の現行耐力値 $q_{disk}$ <sup>1)</sup>との耐力比較を行う。単体接合部実験結果との比較を容易にするため、ここでは $q_{disk}$ を $pA_e$ で除した平均せん断応力度 $disk\tau$ とし、次式により算定する。

$$disk\tau = q_{disk} / pA_e \quad (4)$$



(a) 分散型目荒らし (b) 区画型目荒らし  
写真-5 破壊面の様子(単体接合部実験概要)

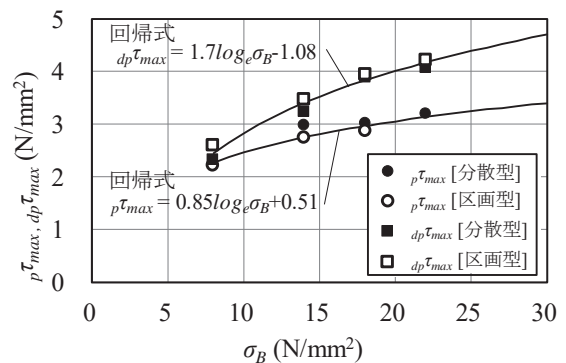


図-16  $p\tau_{max}$ と $dp\tau_{max}-\sigma_B$ 関係

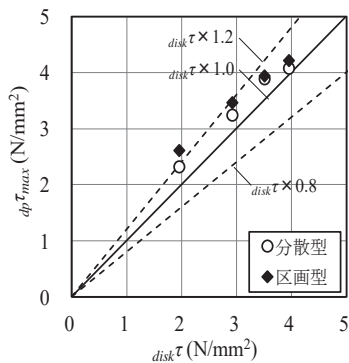


図-17  $dp\tau_{max}$  -  $disk\tau$  関係

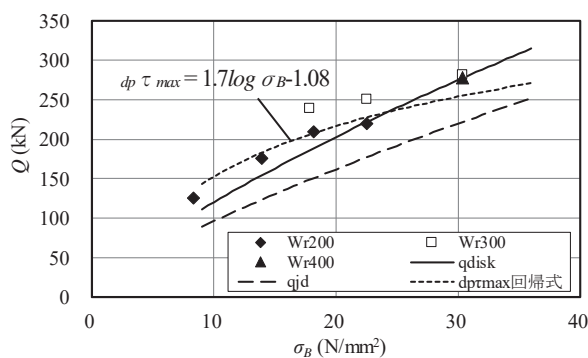


図-18  $dpQ_{max}$  と  $q_{disk}$  及び  $q_{jd}$  との耐力比較

図-17に  $dp\tau_{max}$  -  $disk\tau$  関係を示す。 $dp\tau_{max}$ は  $disk\tau$  より、3~33%大きい結果であり、 $\sigma_B$ が低いほどその比率は大きい結果であった。以上より、十分な  $pA_e$ を確保し、PCM接合面に本論文で示した表面形状を施工して断面修復することで、ディスクシアキーの設計耐力は、既存コンクリートの物性値を用いて評価可能であると判断される。

図-18に、分散型目荒らし試験体の  $dpQ_{max}$ と  $q_{disk}$ 及び  $q_{jd}$ との耐力比較を示す。図中に示す断面修復幅  $W_r=200$ 時の  $dp\tau_{max}$ 回帰曲線によると、 $\sigma_B$ が  $23.5\text{N/mm}^2$ より大きい範囲では、 $dp\tau_{max}$ が  $q_{disk}$ を下回るようになる。その場合は、断面修復幅  $W_r=300$ ,  $W_r=400$ とすることで、 $dp\tau_{max}$ が  $q_{disk}$ を上回ることができるといえる。

## 6. まとめ

本報告では、PCMを用いて断面修復した既存コンクリ

**Summary** This paper discusses a study in which two types of shear tests were done to verify the shear capacity of disk type shear-key, commonly used as an indirect joining member in seismic retrofit projects, which consist of steel disks and anchor bolts. Disk type shear-key is fixed to concrete members subjected to cross-section repairs with polymer cement mortar (PCM). Before polymer cement mortar (PCM) injection, the concrete is surface-treated to improve adhesive capacity along the shear direction. Adhesion shear experiments on polymer cement mortar (PCM) showed the relationship between the mortar's adhesive capacity along the shear direction and the compressive strength of the concrete. Tests of single key joints where a joint was secured with one disk type shear-key showed that disk type shear-key used at cross-section-repaired frameworks offer the required seismic resistance. These results confirm the suitability of disk type shear-key for use with cross-section-repaired frameworks.

**Key Words :** Seismic retrofit Indirect joint Disk type shear-key Repair mortar Polymer cement mortar

ート部材へのディスクシアキーの適用性について検証した。その結果、ディスクシアキーが負担するせん断力は、PCM接合面によりコンクリート部材へ伝達され、断面修復面においてディスクシアキーの適用が可能であることを示した。以下に得られた知見について列記する。

- 1) PCM接合面の表面形状を分散型目荒らしと区画型目荒らしとした場合では、区画型目荒らしの方が既存コンクリート部へ効率良くせん断伝達できる。
- 2) 単体接合部実験による平均せん断応力度  $dp\tau_{max}$  は、既存コンクリート部の圧縮強度  $\sigma_B$ によらず、付着せん断実験の平均せん断応力度  $p\tau_{max}$ を上回った。これより、ディスクシアキーが負担するせん断力は、PCM接合面を介して十分に既存躯体へ伝達されていると言える。
- 3) 単体接合部実験の最大せん断耐力  $dpQ_{max}$  は、平滑な既存躯体面に直接ディスクシアキーを配置した時のせん断耐力  $q_{disk}$ を上回った。これより、十分な  $pA_e$ を確保し、PCM接合面に本報告で示した表面形状を施工して断面修復したディスクシアキーは、十分に適用できると判断される。

## 【参考文献】

- 1) 高瀬裕也, 阿部隆英ら他5名: コンクリート系構造物の耐震補強に用いる高いせん断力と剛性を持つ新たな接合要素のせん断抵抗性能の基礎的検証 - 鋼製ディスクとアンカーボルトを併用した耐震補強用シヤキーに関する研究 -, 日本建築学会構造系論文集, Vol.77, No.681, pp.1727-1736, 2012.11
- 2) 高瀬裕也, 阿部隆英ら他5名: ディスクシアキーを用いた内付け補強架構の接合部破壊時の保有水平耐力の評価手法, 日本建築学会構造系論文集, Vol.79, No.698, pp.507-515, 2014.4
- 3) 既存コンクリート目荒らし面のせん断抵抗性能に関する研究(その1)研究背景と実験計画, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.339-340, 2017.7
- 4) 坂本啓太, 他8名: 鋼製ディスクとアンカーを併用した耐震改修用接合部材の開発 - その20 断面修復を施した接合部におけるせん断耐力の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.369-370, 2017.7